

## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 4月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-117967

出 願 人

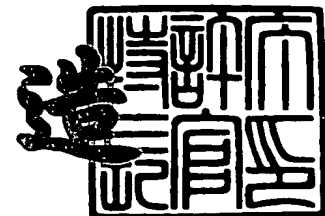
Applicant (s):

セイコーインスツルメンツ株式会社

2001年 4月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3030142

【書類名】	特許願
【整理番号】	00000244
【提出日】	平成12年 4月19日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G11B 7/135
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	光岡 靖幸
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	新輪 隆
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	加藤 健二
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	大海 学
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	笠間 宣行
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	市原 進



【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路プローブおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 走査型近視野顕微鏡に用いる光導波路プローブにおいて、片持ちばり状の光導波路と、前記光導波路先端に設けられ、前記光導波路に対して略垂直方向に先鋭化された探針と、前記探針の先端に設けられた微小開口と、前記光導波路の先端近傍が前記探針側に折り曲げられた屈曲部とからなり、前記屈曲部が前記光導波路内の伝搬光を偏向する偏向機能を有することを特徴とする光導波路プローブ。

【請求項 2】 前記屈曲部は、前記光導波路から前記微小開口までの光軸を含む光軸面に対して略対称な複数の面で折り曲げられていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路プローブ。

【請求項 3】 前記複数の面は、複数の平面であることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路プローブ。

【請求項 4】 複数の前記平面は、前記光軸面に対してそれぞれ垂直ではないことを特徴とする請求項 3 記載の光導波路プローブ。

【請求項 5】 前記屈曲部での前記伝搬光の偏角が、90 度より小さいことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の光導波路プローブ。

【請求項 6】 前記屈曲部は、反射膜を有していることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の光導波路プローブ。

【請求項 7】 走査型近視野顕微鏡に用いる光導波路プローブの製造方法において、

光導波路を堆積する基板を形成する基板形成工程と、  
前記光導波路を前記基板上に堆積する堆積工程と、  
前記光導波路の一部を前記基板から分離する分離工程を含み、  
前記基板形成工程において、前記光導波路の一部を折り曲げるための屈曲状の前記基板を形成することを特徴とする光導波路プローブの製造方法。

【請求項 8】 前記基板形成工程は、

前記光導波路の光軸に平行な下面と、

前記下面に対して垂直ではなく、かつ前記光軸と前記下面の法線を含む面に対して略対称な複数の面と、を含む前記基板を形成する工程であることを特徴とする請求項 7 記載の光導波路プローブの製造方法。

【請求項 9】 前記基板形成工程は、異方性エッチングを用いて形成する工程であることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の光導波路プローブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、近視野光を利用して試料の微細領域における光学特性を観察・計測する光プローブであって、特に光導波路からなる光導波路プローブおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、走査型近視野顕微鏡（以下、SNOMと略す）では、先端が先鋭化された光媒体からなるプローブを、光の波長以下まで測定試料に近づけることで、試料の光学特性や形状を測定している。この装置の一つとして、試料に対して垂直に保持した直線状の光ファイバースプローブの先端を、試料表面に対して水平に振動させ、試料表面とプローブ先端のせん断力によって生じる振動振幅の変化を、プローブ先端に照射したレーザ光の影の変化によって検出し、振幅が一定になるように試料を微動機構で動かすことによって、プローブ先端と試料表面の間隔を一定に保ち、微動機構に入力した信号強度から表面形状を検出するとともに試料の光透過性の測定を行う装置が提案されている。

【0003】

また、鉤状に成形した光ファイバースプローブを原子間力顕微鏡（以下AFMと略す）のカンチレバーとして使用し、AFM動作すると同時に、光ファイバースプローブの先端から試料にレーザ光を照射し、表面形状を検出するとともに試料の

光学特性の測定を行う走査型近視野原子間力顕微鏡が提案されている（平 7 - 1 7 4 5 4 2）。この光ファイバープローブは、光媒体に光ファイバーが用いられ、光ファイバーの周囲は金属膜被覆で覆われている。また、探針部が先鋭化されており、探針部の先端に開口を有する。

## 【 0 0 0 4 】

さらに、光導波路をコアとクラッドの積層からなるカンチレバー状に構成し、一端には先鋭化された探針部、他端には光導波路を固定する支持部が形成されており、探針部側の光導波路は湾曲した構造を持つ光導波路プローブも知られている。

## 【 0 0 0 5 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、SNOMで使用する光ファイバープローブは、光ファイバーを材料として多くの工程を手作業で製造しており、量産性が低く、探針部の先端径や先端角、開口径などの形状が不均一であるという問題点があった。また、プローブ走査を高速かつ損傷なく行うためには、プローブの共振周波数を高く、かつバネ定数を小さくする必要がある。しかし、光ファイバーを光媒体として使用しているので、小型化して高共振周波数、低バネ定数にすることが難しいといった問題点があった。

## 【 0 0 0 6 】

さらに、光ファイバーや光導波路を湾曲させたプローブでは、湾曲している部分で伝搬光の損失が生じ、伝搬光を効率よく伝搬することができないと言う課題があった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は上記に鑑みてなされたものであって、量産性、均一性、高速走査性に優れ、効率よく伝搬光を伝搬させることのできる光導波路プローブ、およびその光導波路プローブを作製する製造方法を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明にかかる光導波路プローブは、片持ちば

り状の光導波路と、前記光導波路先端に設けられ、前記光導波路に対して略垂直方向に先鋭化された探針と、前記探針の先端に設けられた微小開口と、前記光導波路の先端近傍が前記探針側に折り曲げられた屈曲部とからなり、前記屈曲部が前記光導波路内の伝搬光を偏向する偏向機能を有することを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

また、前記屈曲部は、前記光導波路から前記微小開口までの光軸を含む光軸面に対して略対称な複数の面で折り曲げられていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

また、前記複数の面は、複数の平面であることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

また、複数の前記平面は、前記光軸面に対してそれぞれ垂直ではないことを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

また、前記屈曲部での前記伝搬光の偏角が、90度より小さいことを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

また、前記屈曲部は、反射膜を有していることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

上記光導波路プローブによれば、屈曲部において効率よく伝搬光を偏向することができるので、微小開口から光を出射する効率、あるいは微小開口で光を検出する効率を向上することができる。さらに、光導波路を伝搬してきた伝搬光を微小開口へ集光したり、その逆に、微小開口からの光をコリメートすることができるため、効率を向上することができる。

## 【 0 0 1 5 】

上記の目的を達成するために、本発明にかかる光導波路プローブの製造方法は、光導波路を堆積する基板を形成する基板形成工程と、前記光導波路を前記基板上に堆積する堆積工程と、前記光導波路の一部を前記基板から分離する分離工程を含み、前記基板形成工程において、前記光導波路の一部を折り曲げるための屈曲状の前記基板を形成することを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

また、前記基板形成工程は、前記光導波路の光軸に平行な下面と、前記下面に対して垂直ではなく、かつ前記光軸と前記下面の法線を含む面に対して略対称な複数の面と、を含む前記基板を形成する工程であることを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

また、前記基板形成工程は、異方性エッチングを用いて形成する工程であることを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

上記光導波路プローブの製造方法によれば、型となる基板上に光導波路を積層して作製することができるため、量産性、形状再現性、均一性が向上する。また、小型の光導波路プローブを作製することができるため、低バネ定数で高共振周波数を有する光導波路プローブを作製することができる。そのため、プローブを損傷なく高速走査することが可能となる。また、伝搬光を効率よく伝搬することのできる屈曲部を形成することが可能となる。

## 【 0 0 1 9 】

## 【発明の実施の形態】

以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

## (実施の形態 1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 を示す光導波路プローブの構成を示す構成図である。図 1 (a) は上面図、図 1 (b) は A A' 断面での断面図、図 1 (c) は D D' 断面での断面図、図 1 (d) は光伝搬の様子を示す拡大模式図である。光導波路プローブ 5 0 は、光導波路 2 と、それを支える支持部 1 とから構成されている。光導波路 2 は、支持部 1 に積層され、一体に形成されている。光導波路 2 は、片持ちばり状の弾性機能部 3 とその先端の探針部 9 を有し、先端近傍には探針部 9 側に折り曲げられた屈曲部 1 0 が形成されている。探針部 9 は先鋭化されており、その先端に微小開口 5 を有する。光導波路 2 は、略中心部に光を伝搬するコア 4 とその外周部のクラッド 6 とから構成されている。図示していないが、弾性機能部 3 や探針部 9 は遮光膜で覆われ、探針部 9 先端の遮光膜で覆われて



いない部分が微小開口 5 となる。

#### 【 0 0 2 0 】

クラッド 6 の屈折率は、コア 4 の屈折率に比べて相対的に小さい。弾性機能部 3 の長さは、例えば  $50\ \mu\text{m}$  から  $1000\ \mu\text{m}$  である。探針部 9 の長さは、例えば  $1\ \mu\text{m}$  から  $30\ \mu\text{m}$  である。コア 4 の光軸に垂直な断面形状は四角形であり、一辺長は  $1\ \mu\text{m}$  から  $100\ \mu\text{m}$  である。光導波路 2 の光軸に垂直な断面形状は略四角形であり、一辺長は  $5\ \mu\text{m}$  から  $500\ \mu\text{m}$  である。支持部 1 の厚さは、例えば  $200\ \mu\text{m}$  から  $600\ \mu\text{m}$  である。支持部 1 の長さおよび幅は、例えば  $1\ \text{mm}$  から  $50\ \text{mm}$  である。コア 4 およびクラッド 6 の材料としては、二酸化珪素、フッ素やボロンをドーブした二酸化珪素などのガラス材料、ポリウレタン、エポキシなどの有機材料、酸化ニオブ、酸化亜鉛などの金属酸化物など、さまざまな誘電体材料を用いることができる。遮光膜には、金、白金、アルミニウム、クロム、ニッケル等の光を反射する材料が用いられる。遮光膜の厚さは、例えば  $100\ \text{nm}$  から  $1\ \mu\text{m}$  である。微小開口 5 の直径は、例えば  $10\ \text{nm}$  から  $500\ \text{nm}$  である。

#### 【 0 0 2 1 】

光導波路 2 は、弾性機能部 3 の先に探針部 9 が形成され、弾性機能部 3 の途中が探針部 9 側に折り曲げられている。本実施の形態では、図 1 (d) に示すように、2 平面 1 2、1 3 が交差する屈曲部 1 0 によって光導波路 2 が折り曲げられ、2 平面 1 2、1 3 の交線に沿ってコア 4 を形成する。この 2 平面 1 2、1 3 は、図 1 (c) に示すように、光導波路 2 を形成している基板 1 の面に対しては約  $55$  度傾くとともに、光導波路 2 の光軸と微小開口 5 を含む面 (A A' 断面) に対して対称で、 $90$  度に交差している。

#### 【 0 0 2 2 】

入射端 1 1 からの入射光 8 は、光導波路 2 に入射後、コア 4 内を伝搬する。伝搬してきた伝搬光 7 は屈曲部 1 0 で反射して、微小開口 5 へ導入される。コア 4 とクラッド 6 との屈折率差が十分大きく、その界面で伝搬光 7 が全反射されるのが望ましい。全反射しない場合には、クラッド 6 表面に反射膜を形成しても良い。このような構造においては、伝搬光 7 が偏向される偏角が小さく (例えば  $90$

度以下)、屈曲部 10 を形成する 2 平面 12、13 に対して伝搬光 7 が入射する角を小さくできるため、コア 4 とクラッド 6 の界面で全反射が起こりやすく、屈曲部 10 での損失を低減できる。また、伝搬光 7 を光軸方向にそのまま反射させるのではなく、微小開口 5 側へ集光させるように反射させることが可能であり、コア 4 内の伝搬光 7 を微小開口 5 近傍に集光することができる。これらのことから、屈曲部 10 においては、コア 4 内の伝搬光 7 が効率よく、集光されて微小開口 5 に反射されるので、微小開口 5 から強度の強い近視野光を出射することができる。

## 【0023】

微小開口 5 で検出し、光導波路 2 内を逆方向に光が伝搬する場合においても同様に、効率よく光を反射することができる。ここでは、2 平面 12、13 によって屈曲部 10 を形成する場合を例にとり説明したが、それぞれが曲面であっても良いし、2 面ではなく 4 面やそれ以上の面から構成しても良い。

## 【0024】

また、光導波路 2 の先端方向に光検出器を配置し、反射モードで試料の光学特性を観察する場合には、微小開口 5 がカンチレバー状の光導波路 2 先端に形成されているため、試料での反射光が光導波路 2 で遮られる部分が少なく、効率よく試料での反射光を検出することができる。

## 【0025】

以上説明したように、上記光導波路プローブ 50 によれば、光導波路 2 の入射端 11 から入射光 8 を導入し、微小開口 5 から測定試料に対して光を照射することができる。または、試料表面に局在する光を微小開口 5 で検出し、光導波路 2 の入射端（この場合は出射端になる）11 後方に配置する検出器で検出することもできる。これら微小開口による光照射や光検出を効率よく行うことができる。

## 【0026】

また、弾性機能部 3 は小型化可能で、バネ定数および共振周波数は弾性機能部 3 の長さや幅によって調整することができる。よって、弾性機能部 3 は、低バネ定数、高共振周波数とすることができるため、試料やプローブを損傷することな

く高速に走査することができる。

(実施の形態 2)

図 2 は、実施の形態 1 の光導波路ブローブ 5 0 の製造方法を示す説明図である。図 3、図 4 はそれぞれ図 2 (b)、(e) での上面図である。図 2 (a) は、基板 3 1 上にマスクとなる二酸化珪素 3 2 をパターンニングした状態を示す。基板 3 1 はシリコンからなるが、型が形成できれば、石英基板等でも良い。図 2 (b) は、パターンニングした二酸化珪素 3 2 をマスクとして、水酸化カリウム (KOH) やテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド (TMAH) を用いた異方性エッチングにより、光導波路の屈曲部となる型を形成する工程を示す。この型の上面図が図 3 である。BB' 断面で示すように (CC' 断面も同じ)、基板 3 1 の下面 3 7 に対して、角度 (約 55 度) を有する斜面 3 6 を 2 面形成する。この 2 面は 90 度で交差している。

【0027】

図 2 (c) は、屈曲型上に光導波路 3 3 を堆積する工程を表わしたものである。屈曲型上に、クラッド材を堆積し、その上にパターンニングしたコア材を堆積し、さらにその上にクラッド材を堆積する。コア材およびクラッド材の堆積方法は、材料によって適した方法が用いられる。例えば酸化珪素の場合、気相合成法 (以下、CVD と略す)、スパッタ、真空蒸着などを用いる。クラッド材の屈折率はコア材の屈折率よりも相対的に小さい。

【0028】

図 2 (d) は、堆積した光導波路 3 3 上に、探針部を有する片持ちばり状にパターンニングするためのマスク 3 4 を形成する工程を示す。図 2 (e) は、マスク 3 4 を用いて光導波路 3 3 をパターンニングする工程を示す。ドライエッチングやウェットエッチングにより光導波路 3 3 をパターンニングすることが可能である。この状態の上面図を図 4 に示す。下面 3 7、斜面 3 6 に沿って探針部を有する光導波路 3 5 を形成している。探針部は基板 3 1 に対して略垂直方向に先鋭化されている。

【0029】

図 2 (f) は、光導波路 3 5 の一部を基板 3 1 から分離する工程を示している

。光導波路 3 5 を支持する基板を残して、基板 3 1 をエッチングで除去することにより、片持ちばり状の光導波路プローブ 5 0 を形成する。

【 0 0 3 0 】

さらに図示しないが、片持ちばり状の光導波路 3 5 の周囲に金属（A l や C r など）を蒸着やスパッタにより成膜し、探針部先端に微小開口を形成する。

【 0 0 3 1 】

以上説明した工程によれば、実施の形態 1 の光導波路プローブ 5 0 を容易に、量産性、均一性良く製造することが可能である。

【 0 0 3 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にかかる光導波路プローブによれば、従来の S N O M の光ファイバープローブに比べて小型で、低バネ定数、高共振周波数にすることができるため、試料やプローブに損傷を与えることなく、高速に走査することができる。

【 0 0 3 3 】

また、屈曲部において効率よく伝搬光を反射させることができるため、微小開口から近視野光を出射する場合でも、微小開口で光を検出する場合でも、光を効率よく導波路内を伝搬させることができる。

【 0 0 3 4 】

また、本発明にかかる光導波路プローブの作製方法によれば、容易に、量産性、再現性、均一性良く作製することができ、低価格で本光導波路プローブを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の実施の形態 1 にかかる光導波路プローブの構成を示す構成図である。

【図 2】

この発明の実施の形態 2 にかかる光導波路プローブの製造方法を示す説明図である。

【図 3】

この発明の実施の形態 2 にかかる光導波路プローブの製造工程における説明図である。

【図 4】

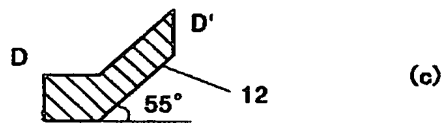
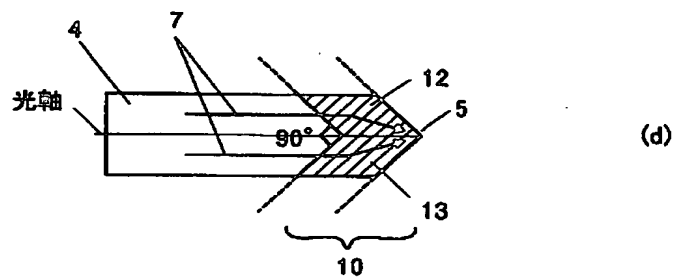
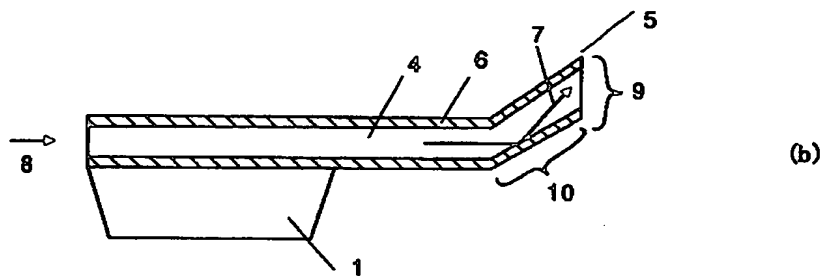
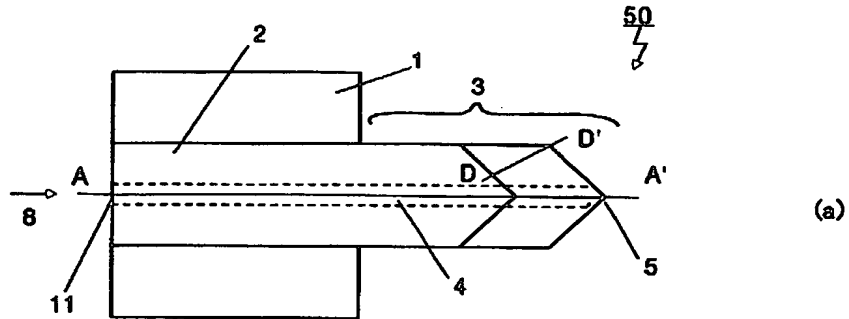
この発明の実施の形態 2 にかかる光導波路プローブの製造工程における説明図である。

【符号の説明】

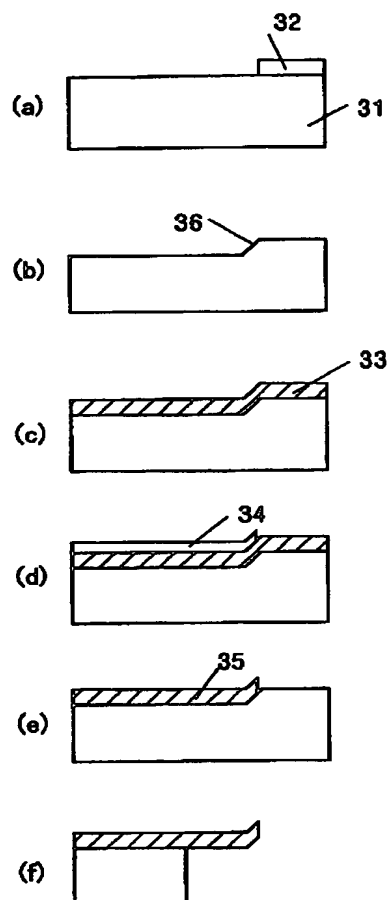
- 1 支持部
- 2 光導波路
- 3 弾性機能部
- 4 コア
- 5 微小開口
- 6 クラッド
- 7 伝搬光
- 8 入射光
- 9 探針部
- 10 屈曲部
- 11 入射端
- 12、13 平面
- 31 基板
- 32 二酸化珪素
- 33 光導波路
- 34 マスク
- 35 光導波路
- 36 斜面
- 37 下面
- 50 光導波路プローブ

【書類名】 図面

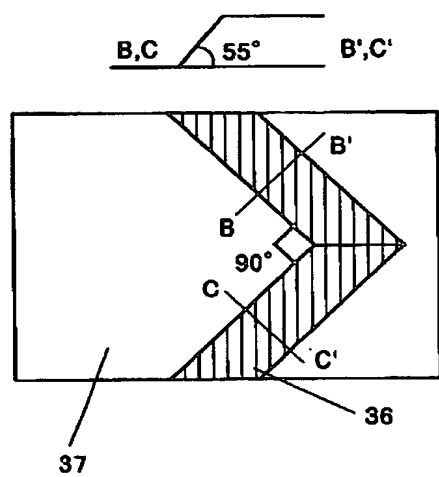
【図1】



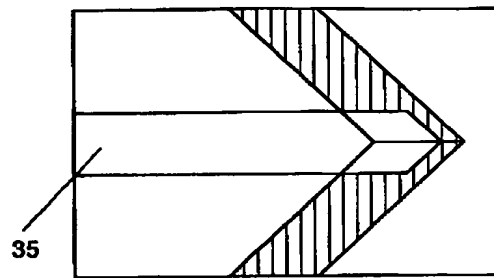
【図 2】



【図 3】



【図 4】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 走査型近視野顕微鏡に用いられ、光伝搬損失が少なく、A F M動作可能な光導波路プローブ、およびその製造方法を得ること。

【解決手段】 光導波路 2 の光軸を含む面に対称な複数の面により、光導波路 2 の先端近傍が探針部 9 側に屈曲している。これにより、屈曲部 1 0 での伝搬光 7 の損失を低減できると共に、微小開口 5 へ伝搬光 7 を集光できるため、微小開口 5 から効率よく近視野光を出射することができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日	1997年 7月23日
[変更理由]	名称変更
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社